

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Xiaoyu MI, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **March 4, 2004**

For: **MICRO-OSCILLATION ELEMENT**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Date: March 4, 2004

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 2003-292553, filed August 12, 2003**

**Japanese Appln. No. 2003-412332, filed December 10, 2003**

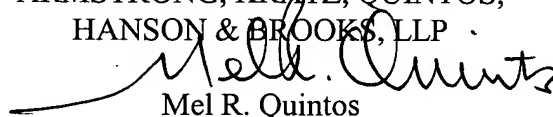
In support of this claim, the requisite certified copies of said original foreign applications are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copies.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, KRATZ, QUINTOS,  
HANSON & BROOKS, LLP



Mel R. Quintos  
Attorney for Applicants  
Reg. No. 31,898

MRQ/jaz  
Atty. Docket No. **040089**  
Suite 1000  
1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
(202) 659-2930



**23850**

PATENT TRADEMARK OFFICE



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

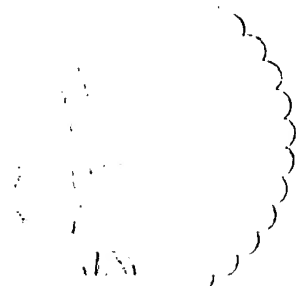
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    8 月 1 2 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 2 9 2 5 5 3  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 2 9 2 5 5 3 ]

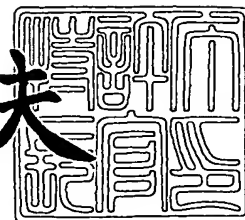
出      願      人  
Applicant(s):                      富士通株式会社  
  富士通メディアデバイス株式会社



2 0 0 4 年    1 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 0 1 5 0



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0395291  
【提出日】 平成15年 8月12日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/00  
G02B 26/08

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 ミイ シヤオユウ

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 上田 知史

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 奥田 久雄

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 壺井 修

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 曾根田 弘光

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 高馬 悟覚

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 佐脇 一平

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目 3 番地 1 2 富士通メディア  
デバイス株式会社内  
【氏名】 中村 義孝

【特許出願人】  
【識別番号】 000005223  
【氏名又は名称】 富士通株式会社

【特許出願人】  
【識別番号】 398067270  
【氏名又は名称】 富士通メディアデバイス株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100086380  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 吉田 稔

【選任した代理人】  
【識別番号】 100103078  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 田中 達也  
【連絡先】 06-6764-6664  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 024198  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9807281  
【包括委任状番号】 0103433

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、前記揺動部に対する揺動軸心を形成する少なくとも 1 つのトーションバーを含んでおり、当該トーションバーは、前記揺動軸心において相対的に厚く、前記揺動軸心から離れた位置において相対的に薄くなる断面構造を有していることを特徴とする、マイクロ揺動素子。

**【請求項 2】**

前記トーションバーは、十字型の断面構造を有している、請求項 1 に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 3】**

前記トーションバーの断面積は前記揺動軸心に沿って変化する、請求項 1 に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 4】**

フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、対向一对のバネを含んでおり、前記各バネは、前記揺動部の揺動方向と同じ方向に撓み変形可能であり、前記揺動部が揺動する際に、当該揺動部に対して撓み抵抗及び引張り抵抗を作用させることを特徴とする、マイクロ揺動素子。

**【請求項 5】**

フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、前記揺動部に対する揺動軸心を形成する少なくとも 1 つのトーションバーと、少なくとも 1 つのバネと、を含んでおり、前記バネは、前記揺動部の揺動方向と同じ方向に撓み変形可能であり、前記揺動部が揺動する際に、当該揺動部は、前記トーションバーの捻り抵抗を受けるとともに、前記バネの撓み抵抗及び引張り抵抗を受けることを特徴とする、マイクロ揺動素子。

**【請求項 6】**

フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、前記揺動部に対する揺動軸心を形成する対向一对のトーションバーと、対向一对のバネと、を含んでおり、前記各バネは、前記揺動部の揺動方向と同じ方向に撓み変形可能であり、前記揺動部が揺動する際に、当該揺動部は、前記トーションバーの捻り抵抗を受けるとともに、前記バネの撓み抵抗及び引張り抵抗を受けることを特徴とする、マイクロ揺動素子。

**【請求項 7】**

前記トーションバーは、十字型の断面構造を有している、請求項 5 又は 6 のいずれか 1 項に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 8】**

前記バネは平板バネである、請求項 4～7 のいずれか 1 項に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 9】**

前記トーションバー及び／又はバネは、剛性調整手段を備えている、請求項 4～8 のいずれか 1 項に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 10】**

前記剛性調整手段は、トーションバー及び／又はバネに形成された少なくとも 1 個の穴である、請求項 9 に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 11】**

前記トーションバー及び／又はバネは、幅が前記フレームと前記揺動部との間で変化している、請求項 9 に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 12】**

前記トーションバー及び／又はバネは、厚さが前記フレームと前記揺動部との間で変化している、請求項 9 に記載のマイクロ揺動素子。

**【請求項 13】**

フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、少なくとも 1 つのバネを含んでおり、当該バネは、対称的に形成したノッチを有していることを特徴とする、マイクロ揺動素子。

【請求項 14】

前記フレームが内側フレームを構成するとともに、前記連結部が第 1 連結部を構成しており、前記内側フレームが第 2 連結部を介して外側フレームに揺動可能に連結されており、前記第 2 連結部は、前記第 1 連結部を構成するトーションバー及び／又はバネと同様の構成のトーションバー及び／又はバネを含む、請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載のマイクロ揺動素子。

【請求項 15】

前記揺動部の揺動軸心は、前記内側フレームの揺動軸心に対して交差している、請求項 14 に記載のマイクロ揺動素子。

【請求項 16】

前記揺動部の揺動軸心は、前記内側フレームの揺動軸心に対して 90 度の角度で交差している、請求項 15 に記載のマイクロ揺動素子。

【請求項 17】

前記揺動部を前記フレームに対して相対的に揺動駆動させるための駆動アクチュエータをさらに備える、請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載のマイクロ揺動素子。

【請求項 18】

前記揺動部は、光学要素を備えている、請求項 17 に記載のマイクロ揺動素子。

【請求項 19】

前記光学要素は、光を反射するミラー面である、請求項 18 に記載のマイクロ揺動素子たるマイクロミラー素子。

【請求項 20】

前記駆動アクチュエータの駆動信号周波数が、前記揺動部の揺動の共振周波数近辺である、請求項 17～19 のいずれか 1 項に記載のマイクロ揺動素子。

**【書類名】明細書****【発明の名称】** マイクロ揺動素子**【技術分野】****【0001】**

本発明は、回転変位が必要とされるMEMS(Micro-Electro-Mechanical-System)デバイスに含まれるマイクロ揺動素子に関する。特に、本発明は、光波を利用する精密測定を行う光学計測装置や、光ディスクに対してデータの記録・再生処理を行う光ディスク装置や複数の光ファイバ間の光路の切り換えを行う光スイッチング装置などの光学装置に組み込まれて、光の進路方向を高速に変更するのに用いられるマイクロミラー素子に関する。

**【背景技術】****【0002】**

マイクロミラー素子は、光を反射するためのミラー面を備え、当該ミラー面の揺動により光の反射方向を変化させることができる。ミラー面を揺動するために静電気力を利用する静電駆動型のマイクロミラー素子が、多くの光学装置で採用されている。静電駆動型マイクロミラー素子としては、いわゆる表面マイクロマシニング技術によって製造されるマイクロミラー素子と、いわゆるバルクマイクロマシニング技術によって製造されるマイクロミラー素子とに大きく2つに類別することができる。

**【0003】**

表面マイクロマシニング技術では、基板上において、各構成部位に対応する材料薄膜を所望のパターンに加工し、このようなパターンを順次積層することにより、支持体、ミラー面及び電極部など、素子を構成する各部位や、後に除去される犠牲層を形成する。このような表面マイクロマシニング技術によって製造される静電駆動型マイクロミラー素子は、例えば下記特許文献1に開示されている。

**【0004】**

一方、バルクマイクロマシニング技術では、材料基板自体をエッチングすることにより支持体やミラー部などを所望の形状に成形し、必要に応じてミラー面や電極を薄膜形成する。このようなバルクマイクロマシニング技術によって製造される静電駆動型マイクロミラー素子は、例えば下記特許文献2～5に開示されている。

**【特許文献1】** 特開平7-287177号公報**【特許文献2】** 特開平9-146032号公報**【特許文献3】** 特開平9-146034号公報**【特許文献4】** 特開平10-62709号公報**【特許文献5】** 特開2001-13443号公報**【0005】**

マイクロミラー素子に要求される技術的事項の一つとして、光反射を担うミラー面の平面度が高いことを挙げることができる。表面マイクロマシニング技術によると、最終的に形成されるミラー面が薄いため、ミラー面が湾曲し易く、高平面度が保証されるのは、ミラー面のサイズにおいて一辺の長さが数10 $\mu$ mのものに限られる。

**【0006】**

これに対して、バルクマイクロマシニング技術によると、相対的に分厚い材料基板自体を削り込んでミラー部を構成し、このミラー部上にミラー面を設けるため、より広面積のミラー面であっても、その剛性を確保できる。その結果、十分に高い光学的平面度を有するミラー面を形成することが可能となる。従って、特に一辺の長さが数100 $\mu$ m以上のミラー面が必要とされるマイクロミラー素子の製造においては、バルクマイクロマシニング技術が広く採用されている。

**【0007】**

図19及び図20は、バルクマイクロマシニング技術によって作製された従来の静電駆動型マイクロミラー素子400を表す。マイクロミラー素子400は、ミラー基板410とベース基板420とが積層された構造を有する。ミラー基板410は、図20に示すように、ミラー部411と、フレーム413と、これらを連結する一対のトーションバー4

12とを含む。ミラー部411の表面には、ミラー面411aが設けられている。ミラー部411の裏面には、一对の電極414a、414bが設けられている。

【0008】

一方、ベース基板420には、図19に示すように、ミラー部411の電極414aに対向する電極421a、及び、電極414bに対向する電極421bが設けられている。

【0009】

このような構成によれば、例えばミラー部411の電極414a、414bを正に帯電させた状態において、ベース基板420の電極421aを負極にすると、電極414aと電極421aの間には静電引力が発生し、ミラー部411は、一对のトーションバー412を捻りながら矢印M3方向に揺動する。ミラー部411は、電極間の静電引力と各トーションバー412の捻り抵抗力の総和とが釣合う角度まで揺動する。

【0010】

以上とは逆に、ミラー部411の電極414a、414bを正に帯電させた状態で電極421bを負極にすると、電極414bと電極421bの間に静電引力が発生し、ミラー部411は、矢印M3とは反対の方向に揺動する。このようなミラー部411の揺動駆動により、ミラー面411aによって反射される光の反射方向が切り換えられる。

【0011】

上述のように、静電駆動型マイクロミラー素子400において、ミラー部411は、電極間の静電力と各トーションバー412の捻り抵抗力の総和とが釣合う角度まで揺動する。このような構成において、動作の高速化の要請に応えるべく、ミラー部411の共振周波数を大きく（数百kHz以上）するには、各トーションバー412の捻り方向の剛性を高くするか、或いはミラー部411の重量を小さくしてその慣性モーメントを小さくする方法が考えられる。

【0012】

このうち、各トーションバー412の捻り方向の剛性を高くするには、当該トーションバー412の断面積を増加させるようにその幅を拡大することが考えられる。しかしながら、ミラー部411の揺動にともない、各トーションバー412におけるミラー部411との連結部も同時に回転することになるので、幅拡大による各トーションバー412の重量増加分がミラー部411の慣性モーメントを増加させることになる。従って、各トーションバー412の断面積増加によりミラー部411の共振周波数を高めるには自ずと限界がある。

【0013】

一方、ミラー部411の重量を小さくしてその慣性モーメントを小さくするには、当該ミラー部411の厚さを各トーションバー412よりも薄くすればよい。しかしながら、ミラー部411の厚さを薄くすると、当該ミラー部411自体が撓み易くなるため、各トーションバー412が捻れずに、ミラー部411だけが撓み変形する可能性がある。その結果、ミラー部411におけるミラー面411aの平面性が確保できず、マイクロミラー素子として適正な動作が得られない虞れがある。

【発明の開示】

【0014】

そこで、本発明の課題は、以上のような従来の問題点を解消ないし軽減しつつ、高い共振周波数で動作させることができるマイクロ揺動素子、特にマイクロミラー素子を提供することにある。

【0015】

この課題を解決するために、本発明の第1の側面によれば、フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、前記揺動部に対する揺動軸心を形成する少なくとも1つのトーションバーを含んでおり、当該トーションバーは、前記揺動軸心において相対的に厚く、前記揺動軸心から離れた位置において相対的に薄くなる断面構造を有していることを特徴とする、マイクロ揺動素子が提供される。



**【0016】**

以上の構成によれば、トーションバーの断面積をそれほど大きくしなくても、捻り方向の剛性を非常に高く設定することができる。従って、揺動部の慣性モーメントの不当な増加を伴うことがないため、揺動部の共振周波数を高めることが可能となる。

**【0017】**

好ましくは、前記トーションバーは、十字型の断面構造を有している。また、前記トーションバーの断面積は前記揺動軸心に沿って変化してもよい。

**【0018】**

本発明の第2の側面によれば、フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、対向一对のバネを含んでおり、前記各バネは、前記揺動部の揺動方向と同じ方向に撓み変形可能であり、前記揺動部が揺動する際に、当該揺動部に対して撓み抵抗及び引張り抵抗を作用させることを特徴とする、マイクロ揺動素子が提供される。

**【0019】**

以上の構成によれば、前記バネは、前記揺動部に対して撓み抵抗のみならず引張り抵抗を作用させることができる。従って、バネを非常に薄い板状又は膜状に形成しても、揺動部の揺動に対する総抵抗を大きくでき、しかも揺動部の慣性モーメントの不当な増加を伴うことがないため、揺動部の共振周波数を高めることが可能となる。

**【0020】**

本発明の第3の側面によれば、フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、前記揺動部に対する揺動軸心を形成する少なくとも1つのトーションバーと、少なくとも1つのバネと、を含んでおり、前記バネは、前記揺動部の揺動方向と同じ方向に撓み変形可能であり、前記揺動部が揺動する際に、当該揺動部は、前記トーションバーの捻り抵抗を受けるとともに、前記バネの撓み抵抗及び引張り抵抗を受けることを特徴とする、マイクロ揺動素子が提供される。

**【0021】**

本発明の第4の側面によれば、フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、前記揺動部に対する揺動軸心を形成する対向一对のトーションバーと、対向一对のバネと、を含んでおり、前記各バネは、前記揺動部の揺動方向と同じ方向に撓み変形可能であり、前記揺動部が揺動する際に、当該揺動部は、前記トーションバーの捻り抵抗を受けるとともに、前記バネの撓み抵抗及び引張り抵抗を受けることを特徴とする、マイクロ揺動素子が提供される。

**【0022】**

上記第3及び第4の側面の構成では、前記バネの作用により上記第2の側面と同様の効果が得られる。

**【0023】**

上記第3及び第4の側面において、前記トーションバーは、十字型の断面構造を有しているのが好ましい。

**【0024】**

上記第2～第4の側面において、前記バネは平板バネで構成することができる。

**【0025】**

好適な実施形態において、前記トーションバー及び／又はバネは、剛性調整手段を備えている。前記剛性調整手段は、例えばトーションバー及び／又はバネに形成された単一又は複数の穴である。この場合において、前記単一又は複数の穴は、前記トーションバー又はバネを肉厚方向に貫通していてもよい。これに代えて、前記単一又は複数の穴は、前記トーションバー又はバネを幅方向に貫通していてもよい。さらに、前記複数の穴の一部は、前記トーションバー又はバネを肉厚方向に貫通しており、前記複数の穴の残部は、前記トーションバー又はバネを幅方向に貫通していてもよい。

**【0026】**

別の実施形態においては、前記剛性調整手段は、複数の補強リブの形態である。これら

補強リブは、前記トーションバー又はバネの幅方向及び／又は厚さ方向に突出してよい。

【0027】

別の実施形態においては、前記トーションバー及び／又はバネは、幅が前記フレームと前記揺動部との間で変化している。

【0028】

さらに、別の実施形態においては、前記トーションバー及び／又はバネは、厚さが前記フレームと前記揺動部との間で変化している。

【0029】

前記一对のトーションバー又はバネは、相互に厚さ方向に位置がずれていてもよい。

【0030】

本発明の第5の側面によれば、フレームを含む支持部と、この支持部に対して連結部を介して連結された揺動部と、を備え、前記連結部は、少なくとも1つのバネを含んでおり、当該バネは、対称的に形成したノッチを有していることを特徴とする、マイクロ揺動素子が提供される。

【0031】

上記第1～5の側面のいずれにおいても、前記フレームが内側フレームを構成するとともに、前記連結部が第1連結部を構成しており、前記内側フレームが第2連結部を介して外側フレームに揺動可能に連結されており、前記第2連結部は、前記第1連結部を構成するトーションバー及び／又はバネと同様の構成のトーションバー及び／又はバネを含む構成を採用することができる。この場合において、前記揺動部の揺動軸心は、前記内側フレームの揺動軸心に対して90度の角度で交差しているのが好ましい。

【0032】

好適な実施形態によれば、マイクロ揺動素子は、前記揺動部を前記フレームに対して相対的に揺動駆動させるための駆動アクチュエータをさらに備える。駆動アクチュエータの典型例は、前記揺動部に設けられた可動電極と、前記支持部に設けられた固定電極とを含む静電アクチュエータである。駆動アクチュエータの他の例は、前記揺動部と前記支持部とにそれぞれ設けられた磁石及びコイルを含む電磁アクチュエータである。駆動アクチュエータのさらに別の例は、前記トーションバー又はバネに結合された圧電素子である。

【0033】

好ましくは、前記揺動部は、光学要素を備えている。前記マイクロ揺動素子がマイクロミラー素子である場合には、前記光学要素は、光を反射するミラー面である。しかしながら、ミラー面に代えて、回折格子、光源、又は光検出器を前記揺動部に設けてもよい。

【0034】

別の実施形態では、マイクロ揺動素子は、前記フレームと前記揺動部の相対回転変位を検出する変位検出手段を備えていてもよい。

【0035】

上記いずれの実施形態においても、前記駆動アクチュエータの駆動信号周波数が、前記揺動部の揺動の共振周波数近辺であることが好ましい。

【0036】

本発明のその他の目的、特徴及び利点は、以下に添付図面に基づいて説明する好適実施形態から明らかとなろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照しつつ具体的に説明する。

【0038】

図1及び2は、本発明の第1の実施形態に係るマイクロミラー素子10を示す。本実施形態のマイクロミラー素子10は、ミラー基板1とベース基板2とを絶縁層3を介して積層した構造を有する。

【0039】

ミラー基板 1 は、ミラー部 11 と、このミラー部 11 を囲むフレーム 13 と、当該フレーム 13 及びミラー部 11 とを繋ぐ一対の捻れ連結部 12 (トーションバー) とを有する。ミラー基板 1 は、例えば、P や A s などの n 型不純物や B などの p 型不純物をドーピングすることによって導電性を付与されたシリコン製の基板から、バルクマシニング技術によって成形されたものである。具体的には、板状の導電性シリコン基板に対して、パターニング用のマスクを用い、公知の D e e p R I E (Deep Reactive Ion Etching) などのドライエッチングや、K O H 溶液などを用いたウエットエッチングにより、ミラー部 11、フレーム 13、及び一対のトーションバー 12 がかたち取られることとなる。なお、製法は、本発明の要旨を構成しないので、その詳細な説明は省略する。

#### 【0040】

ミラー部 11 の表面にはミラー面 11 a が設けられ、且つ、その裏面には一対の可動電極 14 a, 14 b が設けられている。これらミラー面 11 a 及び可動電極 14 a, 14 b は、金属膜を蒸着するなどして形成されている。ただし、不純物のドーピングによってミラー基板 1 の導電性を十分に高く構成した場合には、別途に可動電極 14 a, 14 b を設けなくともよい。

#### 【0041】

一方、ベース基板 2 は、例えばシリコン製であり、中央凹状となるようにバルクマシニング技術によって成形されている。ベース基板 2 の外周における凸状段部 2 a は、ミラー基板 1 のフレーム 13 に形状対応しており、絶縁層 3 を介して当該フレーム 13 に接合されている。絶縁層 3 は、例えば二酸化ケイ素 (S i O<sub>2</sub>) からなる。また、ベース基板 2 の内底面には、ミラー部 11 の可動電極 14 a, 14 b に対して適当な間隔を隔てて対向する一対の固定電極 21 a, 21 b が設けられている。すなわち、本実施形態に係るマイクロミラー素子 10 は、いわゆる平板電極型として構成されている。

#### 【0042】

本実施形態において、各トーションバー 12 は、十字状の断面形状を有する。より具体的には、各トーションバー 12 は、ミラー部 11 の揺動軸心 A を形成する中央の厚肉部 12 a と、この厚肉部 12 a の両側において揺動軸心 A から離れる方向に延びる薄肉部 12 b とを有する。両薄肉部 12 b は、揺動軸心 A に交差する方向に延びるため、各トーションバー 12 の捩れ剛性を高めることができる。その反面、両薄肉部 12 b は、厚さが極めて小さいため、重量も小さく、ミラー部 11 の慣性モーメントを殆ど増加させることはない。従って、各トーションバー 12 の断面形状は、ミラー部 11 の共振周波数を高くする上で有利である。なお、図 1 及び図 2 では、図示の便宜上、薄肉部 12 b を実際よりも厚く描いている。

#### 【0043】

以上の構成のマイクロミラー素子 10 において、例えばミラー部 11 の可動電極 14 a, 14 b を正極に帯電させた状態において、ベース基板 2 の一方の固定電極 21 a を負極にすると、これらの間には静電力が発生し、ミラー部 11 は、一対のトーションバー 12 を捻りながら揺動軸心 A を中心として図 2 の反時計方向に揺動する。また、これに代えて、他方の固定電極 21 b を負極にすると、ミラー部 11 は図 2 の時計方向に揺動することとなる。このように、ミラー部 11 を揺動させることによって、ミラー面 11 a に向かって進行して当該ミラー面 11 a で反射される光の反射方向を所定の方向に切り換えることができる。しかも、その際に、上述したように、ミラー部 11 の共振周波数を高くしているため、高速での反射方向切り換えが可能である。

#### 【0044】

マイクロミラー素子 10 のミラー部 11 を駆動するためには、平板電極に代えて櫛歯電極を設けてもよい。また、平板電極や櫛歯電極などによる静電力に代えて、電磁コイルや永久磁石などによる電磁力を利用することもできる。具体的には、ミラー部 11 の可動電極 14 a, 14 b を電磁コイルに置き換え、ベース基板 2 の固定電極 21 a, 21 b を電磁コイル又は永久磁石に置き換える。或いは、ミラー部 11 の可動電極 14 a, 14 b を永久磁石に置き換え、ベース基板 2 の固定電極 21 a, 21 b を電磁コイルに置きかえる

。これらの構成では、電磁コイルへの通電状態を調節することによって、ミラー部 11 を駆動することができる。また、圧電素子を利用して、ミラー部 11 を駆動するようにしてもよい。

#### 【0045】

図 3 及び 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子 20 を示す。本実施形態よれば、第 1 の実施形態（図 1 及び 2）におけるトーションバー 12 に代えて、薄膜状又は薄板状のバネ 15（バネ連結部）によりミラー部 11 とフレーム 13 とを連結している。その他の点では、第 2 の実施形態は第 1 の実施形態と同じである。

#### 【0046】

上記各バネ 15 は、ミラー部 11 の揺動軸心 A から離れた位置にあり、ミラー基板 1 をバルクマシニング技術によって加工することにより、ミラー部 11 及びフレーム 13 と一体に形成される。本実施形態においては、各バネ 15 は、フレーム 13 側が広く、ミラー部 11 側が狭い台形状であり、ミラー部 11 の幅方向及び長さ方向に均一の厚みを有している。

#### 【0047】

以上の構成のマイクロミラー素子 20 において、例えばミラー部 11 の可動電極 14 a, 14 b を正極に帯電させた状態において、ベース基板 2 の一方の固定電極 21 a を負極にすると、これらの間には静電力が発生し、ミラー部 11 は、隣接するバネ 15 を下方に撓ませながら揺動軸心 A を中心として図 4 の反時計方向に揺動する。また、これに代えて、他方の固定電極 21 b を負極にすると、ミラー部 11 は隣接するバネ 15 を下方に撓ませながら図 4 の時計方向に揺動することとなる。各バネ 15 は、ミラー部 11 とフレーム 13 の双方に接続されているから、撓みと伸びが強く制限されている。従って、このようなミラー部 11 の揺動に伴い、各バネ 15 は撓み抵抗と引張り抵抗とをミラー部 11 に作用させ、ミラー部 11 を強く元の位置に戻そうとする。この結果、ミラー部 11 の共振周波数を高くすることができる。しかも、各バネ 15 の厚さは非常に小さくとも、このような機能を発揮できるから、ミラー部 11 の慣性モーメントに与える影響も少なく、これによってもミラー部 11 の共振周波数を高く設定する上で有利となる。

#### 【0048】

本実施形態において、ミラー部 11 を揺動させるにあたり、2 個の固定電極 21 a, 21 b を反対の電位にしてもよい。この場合、両バネ 15 は反対方向に同じ量だけ撓み変形されることになり、ミラー部 11 の揺動軸心 A の位置が安定する。

#### 【0049】

以上説明した第 2 の実施形態において、各バネ連結部は単一のバネ 15 により構成しており、その形状は台形である。しかしながら、マイクロミラー素子に求められる特性要件に応じて、各バネ連結部に種々な変形を施してもよい。図 5～11 は、バネ連結部の変形例を例示している。

#### 【0050】

まず、図 5 に示した第 1 の変形例では、各バネ連結部は、平面視が長方形で厚さが均一な単一の平板バネ 15 A で構成されている。

#### 【0051】

図 6 に示した第 2 の変形例では、各バネ連結部は、第 1 の変形例と同様に、平面視が長方形で厚さが均一な単一の平板バネ 15 B で構成されているが、複数の穴 150 が形成されている点で第 1 の変形例と相違している。これら穴 150 は、平板バネ 15 B を肉厚方向に貫通しており、平板バネ 15 B の剛性を調整する機能を有する。ミラー部 11 に求められる揺動特性（例えば、周波数特性）に応じて、穴 150 の密度、サイズ及び配置を設定すればよい。また、穴 150 の形状も円形に限定されず、楕円形、矩形、三角形、台形など任意に選択すればよい。

#### 【0052】

図 7 に示した第 3 の変形例では、各バネ連結部は、2 個のバネ 15 C により構成されており、各バネ 15 C の拡大中央部には肉厚方向に貫通する穴 151 が形成されている。ま

た、両バネ 15C は相互に略平行に並べられている。

#### 【0053】

図 8 に示した第 4 の変形例では、各バネ連結部は、フレーム 13 側からミラー部に相互に接近するように傾斜配置された 2 個のバネ 15D により構成されている。図示はしていないが、各バネ 15D の剛性を低下させるために、肉厚方向及び／又は幅方向に貫通する穴を設けてもよい。逆に、各バネ 15D の剛性を向上させるために、肉厚方向及び／又は幅方向に突出する補強リブを設けてもよい。

#### 【0054】

図 9 に示した第 5 の変形例では、各バネ連結部は、フレーム 13 側からミラー部に相互に接近するように傾斜配置された 2 個の傾斜バネ 15D と、これら両傾斜バネ 15D の間に位置する中央の非傾斜バネ 15E とにより構成されている。各バネ 15D、15E には、剛性を低下させるための穴や、剛性を向上させるための補強リブを設けてもよいのは、第 4 の変形例と同様である。

#### 【0055】

図 10 に示した第 6 の変形例では、各バネ連結部は、平面視で略 A 字状に形成された単一のバネ 15F で構成されている。このバネ 15F にも、剛性を低下させるための穴や、剛性を向上させるための補強リブを設けてもよい。

#### 【0056】

図 11 に示した第 7 の変形例では、各バネ連結部は、平面視で矩形であるが、ミラー部 11 とフレーム 13 との間で肉厚が変化する単一のバネ 15G で構成されている。本変形例では、バネ 15G の幅方向中央部にて肉厚が最も小さくなっているが、ミラー部 11 からフレーム 13 にかけて肉厚が漸減してもよいし、逆にフレーム 13 からミラー部 11 にかけて肉厚が漸減してもよい。さらに、バネ 15G には、剛性を低下させるための穴や、剛性を向上させるための補強リブを設けてもよい。

#### 【0057】

図 12～14 は、本発明の第 3 の実施形態に係るマイクロミラー素子 30 を示す。本実施形態よれば、第 1 の実施形態（図 1 及び 2）におけるトーションバー 12 と、第 2 の実施形態（図 3 及び 4）における薄膜状又は薄板状のバネ 15（バネ連結部）とによりミラー部 11 とフレーム 13 とを連結している。その他の点では、第 3 の実施形態は第 1 の実施形態又は第 2 の実施形態と同じである。

#### 【0058】

当然のことながら、第 3 の実施形態に係るマイクロミラー素子 30 は、トーションバー 12 を十字型断面形状にしたことによる効果と、薄膜状又は薄板状のバネ 15 を設けたことによる効果の両方を得ることができる。但し、本実施形態においては、バネ 15 単独であっても、ミラー部 11 の共振周波数を十分に高く設定することができる。従って、トーションバー 12 はミラー部 11 の揺動軸心を安定させるだけで足りるので、十字型断面形状にすることは必須でない。この結果、トーションバー 12 は種々な構成を採用することができる。また、バネ 15 についても、図 5～11 に示したような変形が可能である。

#### 【0059】

図 15 は、第 3 の実施形態におけるトーションバー 12 の第 1 の変形例を示す。この変形例では、均一幅で均一な肉厚の単純な矩形断面形状の単一のトーションバー 12A を採用している。このトーションバー 12A には、剛性を低下させるための穴（図 6 参照）や、逆に剛性を向上させるための補強リブを設けてもよい。また、トーションバー 12A の厚さや幅をミラー部 11 とフレーム 13 との間で変化させるようにしてもよい（図 7、10 及び 11 参照）。さらに、複数のトーションバーを並設してもよい（図 6～8 参照）。

#### 【0060】

図 16 は、トーションバーの第 2 の変形例を示す。この第 2 の変形例のトーションバー 12B は、十字型の断面形状を有するが、その幅がミラー 11 側からフレーム 13 側にかけて漸減している。トーションバー 12B は、幅がミラー 11 側からフレーム 13 側にかけて漸減することに代えて、フレーム 13 側からミラー 11 側にかけて漸減するようにし

てもよい。

#### 【0061】

図17は、本発明の第4の実施形態に係るマイクロミラー素子40を示す。本実施形態によれば、ミラー部11は、ベース基板2に一体に形成した支持バネ15Hのみによって支持されており、フレーム13には直接接続されていない。バネ15Hは、ミラー部11の全幅にわたって延びており、両側にノッチ152を備えている。両ノッチ152によりバネ15Hの首部が構成され、その首部を揺動軸心としてミラー部11が揺動する。

#### 【0062】

以上の構成のマイクロミラー素子40では、バネ15Hの全体が実質的に揺動軸心を通る平面の近傍に位置することになる。このため、バネ15Hの厚さを大きくしても、ミラー部11の慣性モーメントに殆ど影響を与えない。また、ノッチ152は、バネ15Hに首部を形成して、その部分での撓みによりミラー部11の揺動を許容するものであるが、バネ15Hの厚さを大きくすれば、撓みに対する剛性は高いレベルを維持することができる。従って、ミラー部11の共振周波数を高いレベルに設定することが可能となり、しかもミラー部11の揺動軸心を安定させることができる。

#### 【0063】

図18は、本発明の第5の実施形態に係るマイクロミラー素子50を示す。本実施形態によれば、ミラー部11は、ベース基板2に一体に形成した支持バネ15H（図17の実施形態と同様）によって支持されるとともに、一对の板状バネ15Iによってフレーム13に連結されている。各板状バネ15Iは、ミラー部11とフレーム13との中間において肉厚が最も薄くなっている。なお、本実施形態においては、板状バネ15I単独の作用によってもミラー部11の共振周波数を高く設定できるので、支持バネ15Hは揺動軸心を安定させるだけの機能を発揮すれば足り、必ずしも肉厚を大きくして剛性を高める必要はない。また、バネ15Hには、剛性を低下させるための穴や、剛性を向上させるための補強リブを設けてもよい。

#### 【0064】

以上、本発明の種々な実施形態を説明したが、本発明はこれらの実施形態によって制限されるものではなく、添付の請求の範囲に記載された思想と範囲から逸脱しない限り種々な変形が可能である。例えば、上記いずれの実施形態も、本発明をマイクロミラー素子に適用しているが、ミラー部11に代えて、回折格子、光源、又は光検出器を設けた揺動部としてもよい。また、マイクロ揺動素子は、フレームと揺動部の相対回転変位を検出する変位検出手段を備えていてもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0065】

【図1】 本発明の第1の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図2】 図1における線II-IIに沿った断面図である。

【図3】 本発明の第2の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図4】 図3における線IV-IVに沿った断面図である。

【図5】 図3に示すマイクロミラー素子におけるバネの第1変形例を示し、(a)は平面図であり、(b)は正面図である。

【図6】 図3に示すマイクロミラー素子におけるバネの第2変形例を示し、(a)は平面図であり、(b)は正面図であり、(c)は(a)における線VI-VIに沿った断面図である。

【図7】 図3に示すマイクロミラー素子におけるバネの第3変形例を示し、(a)は平面図であり、(b)は正面図であり、(c)は(a)における線VII-VIIに沿った断面図である。

【図8】 図3に示すマイクロミラー素子におけるバネの第4変形例を示し、(a)は平面図であり、(b)は(a)における線VIII-VIIIに沿った断面図である。

【図9】 図3に示すマイクロミラー素子におけるバネの第5変形例を示し、(a)は平面図であり、(b)は(a)における線IX-IXに沿った断面図である。

【図 10】図 3 に示すマイクロミラー素子におけるバネの第 6 変形例を示し、(a) は平面図であり、(b) は (a) における線 X-X に沿った断面図である。

【図 11】図 3 に示すマイクロミラー素子におけるバネの第 7 変形例を示し、(a) は平面図であり、(b) は正面図である。

【図 12】本発明の第 3 の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図 13】図 12 における線 XIII-XIII に沿った断面図である。

【図 14】図 12 における線 XIV-XIV に沿った断面図である。

【図 15】図 12 に示すマイクロミラー素子におけるトーションバーの第 1 変形例を示し、(a) は平面図であり、(b) は (a) における線 XV-XV に沿った断面図である。

【図 16】図 12 に示すマイクロミラー素子におけるトーションバーの第 2 変形例を示し、(a) は平面図であり、(b) は (a) における線 XVI-XVI に沿った断面図である。

【図 17】本発明の第 4 の実施形態に係るマイクロミラー素子を示す図 2 と同様の断面図である。

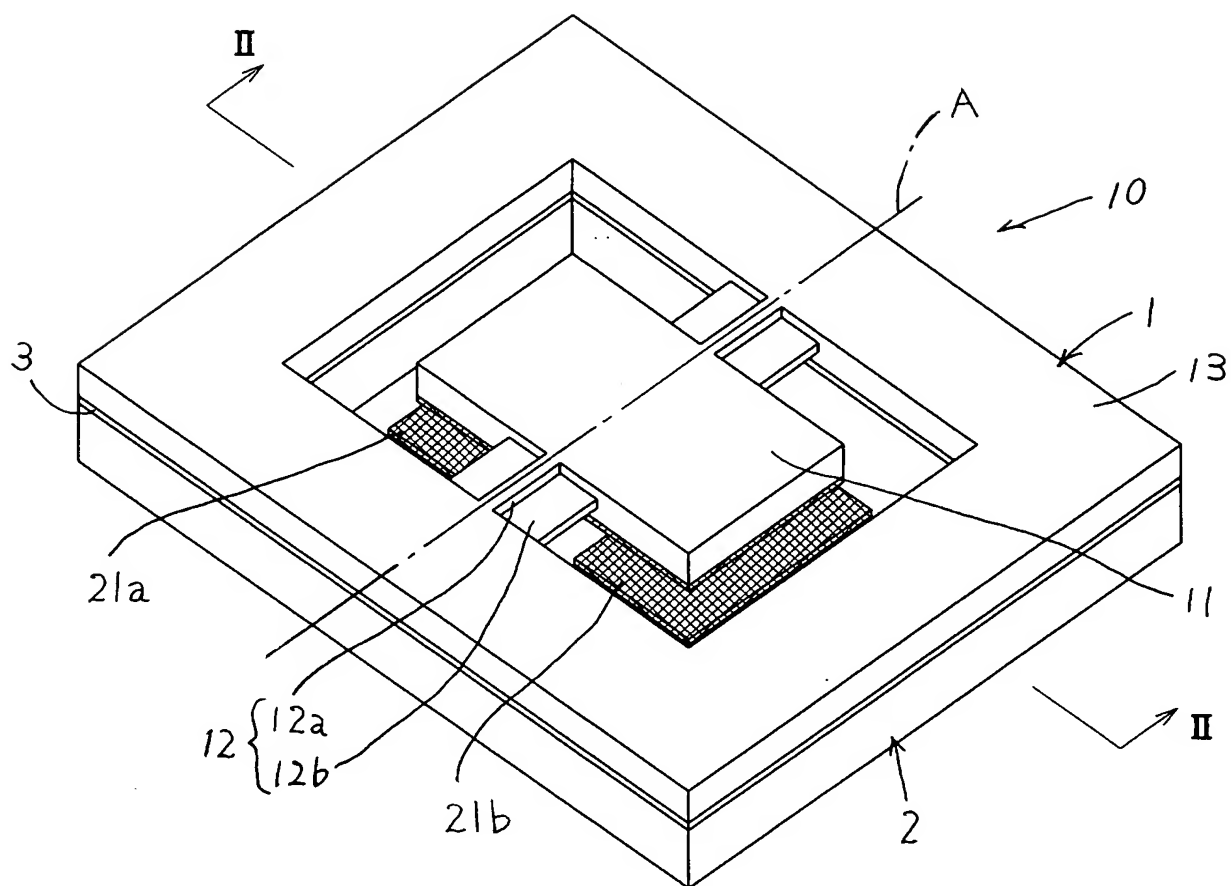
【図 18】本発明の第 5 の実施形態に係るマイクロミラー素子を示す図 2 と同様の断面図である。

【図 19】従来のマイクロミラー素子の断面図である。

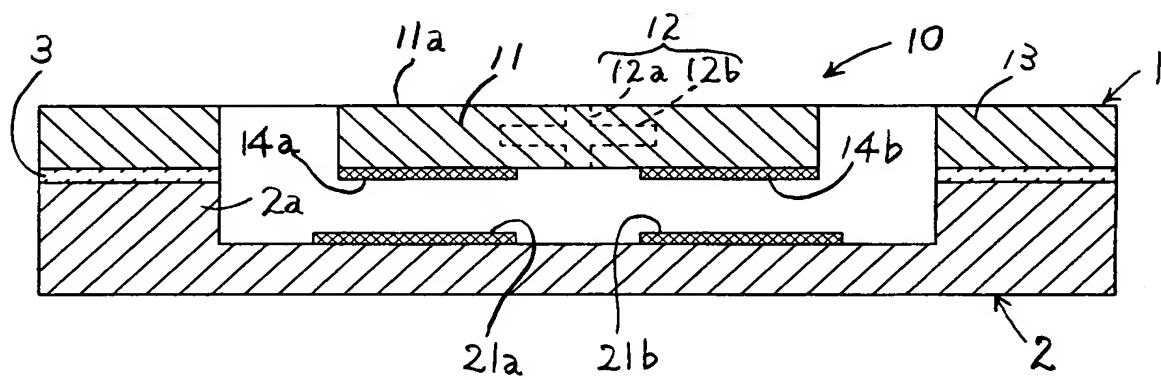
【図 20】図 19 に示すマイクロミラー素子におけるミラー基板を示す斜視図である。

【書類名】 図面

【図 1】

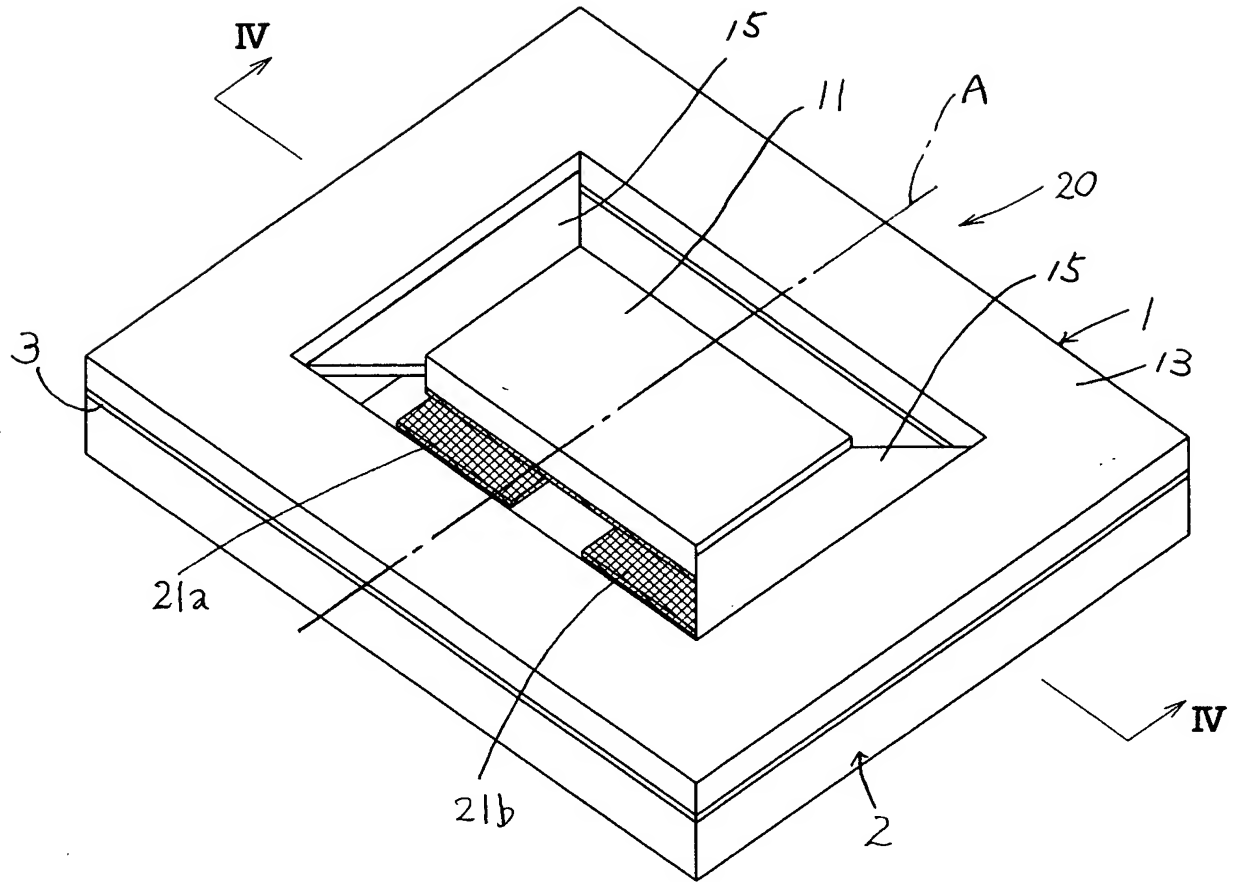


【図 2】

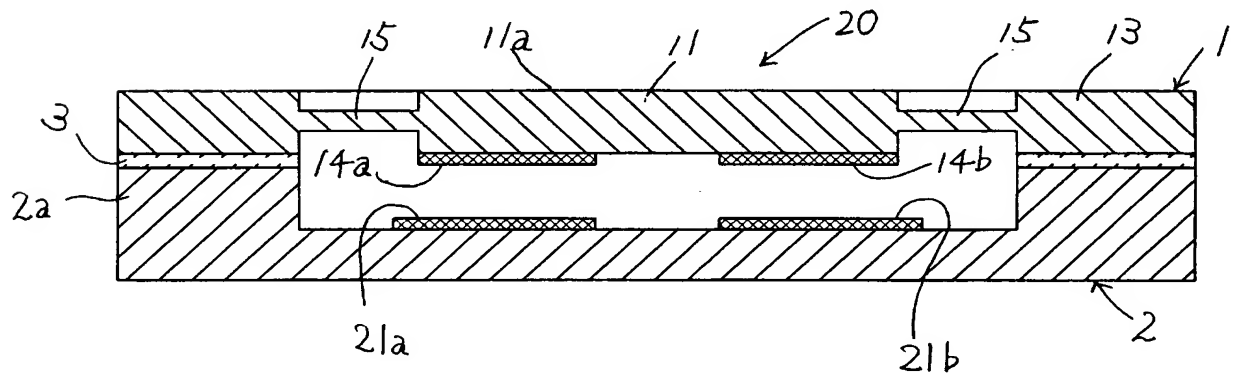




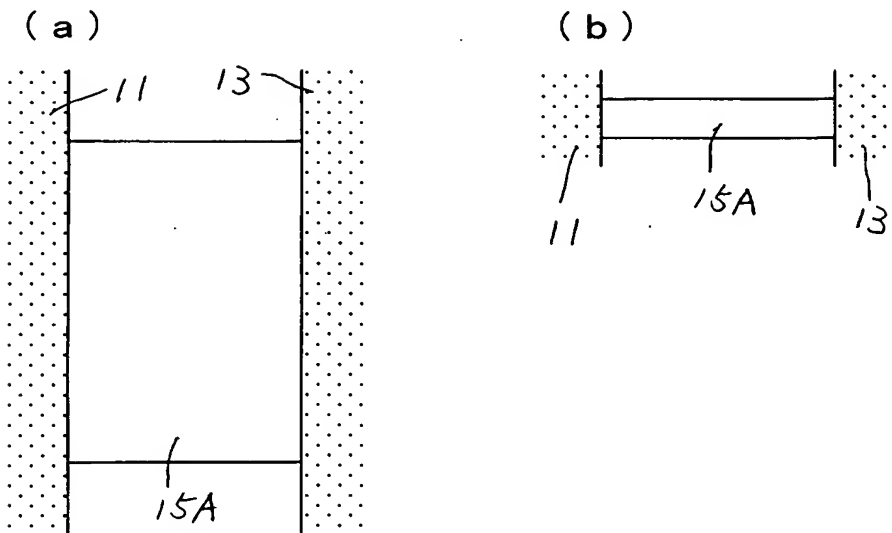
【図 3】



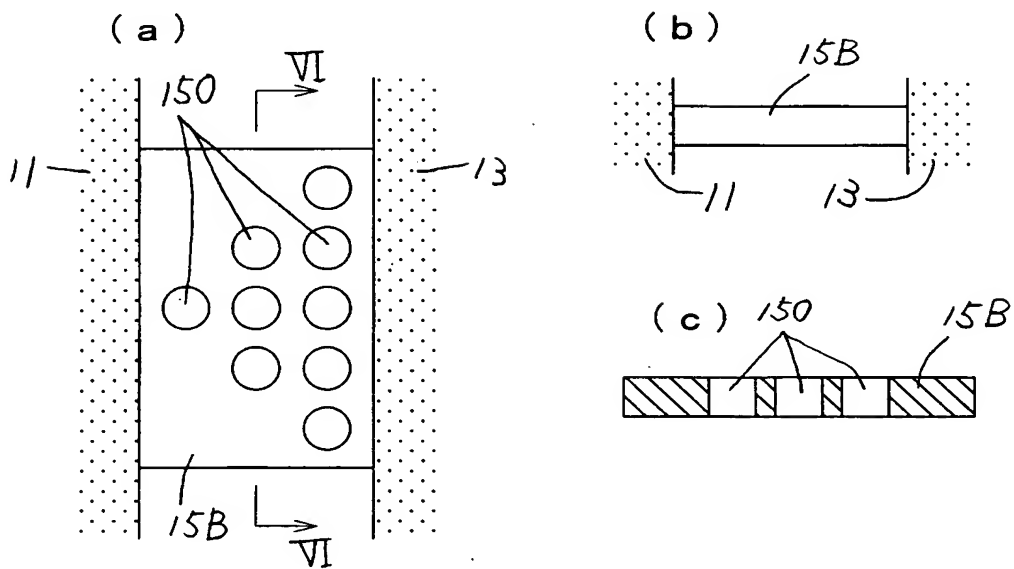
【図 4】



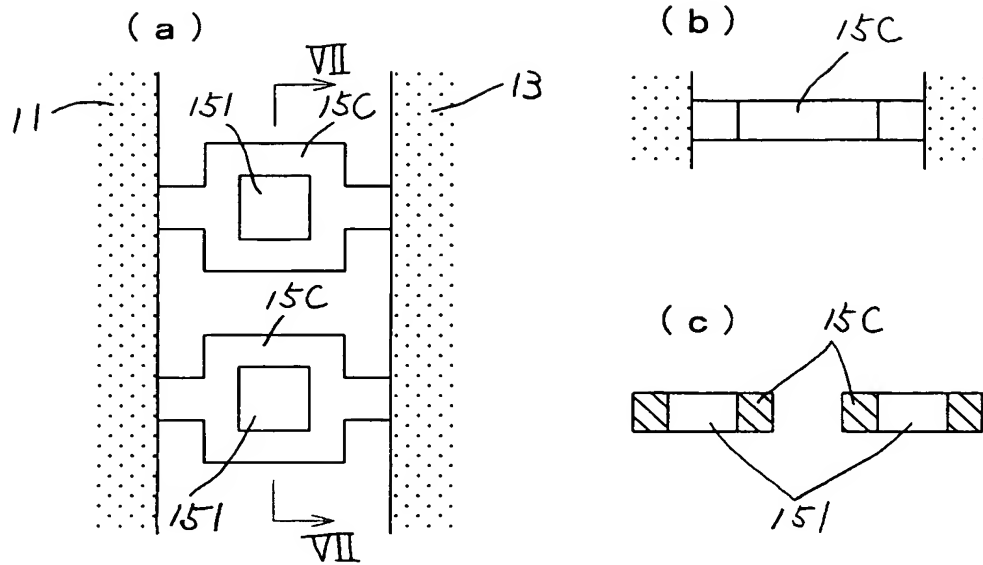
【図 5】



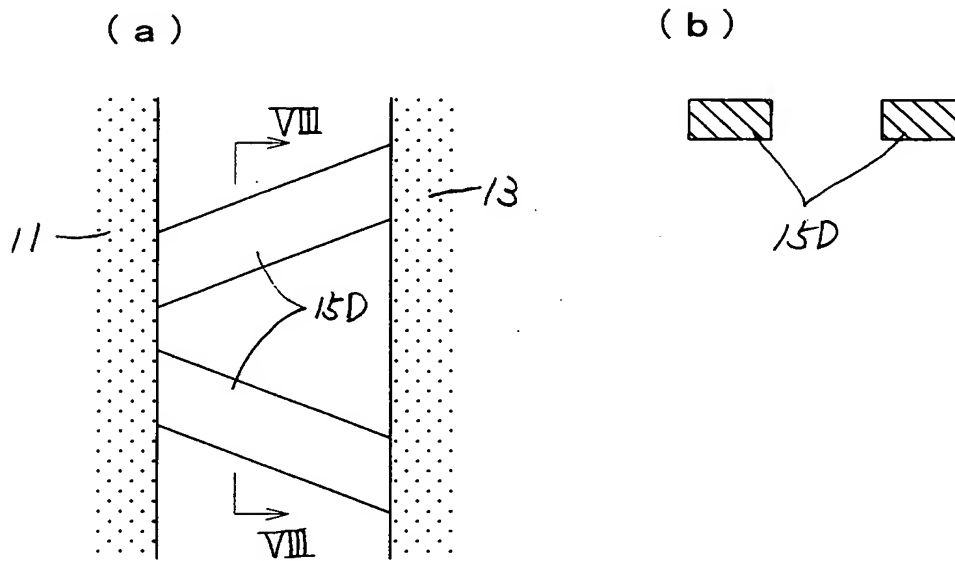
【図 6】



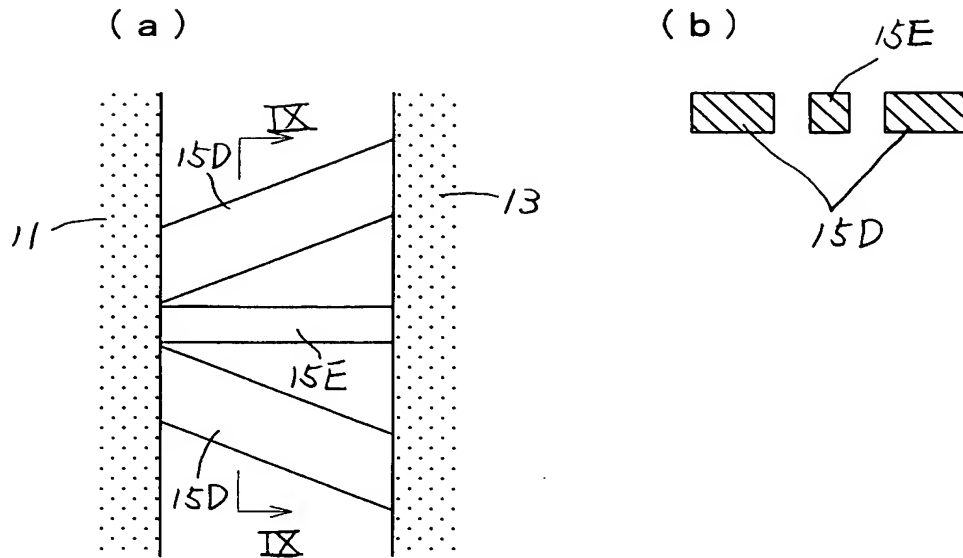
【図 7】



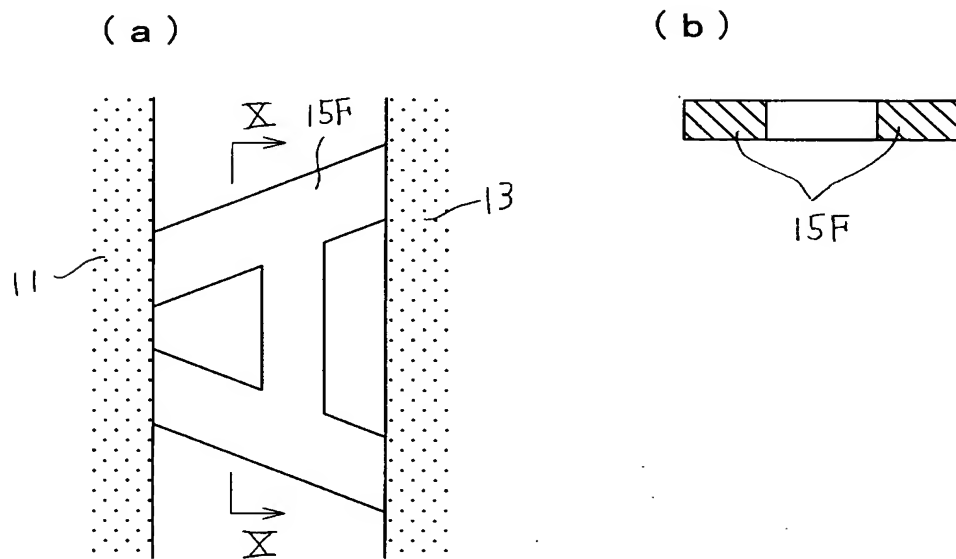
【図 8】



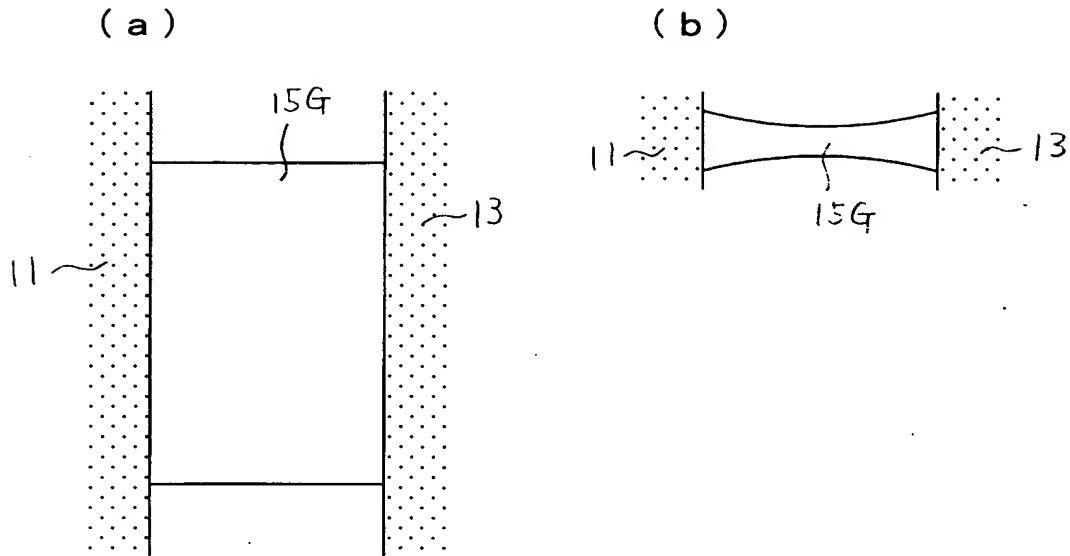
【図 9】



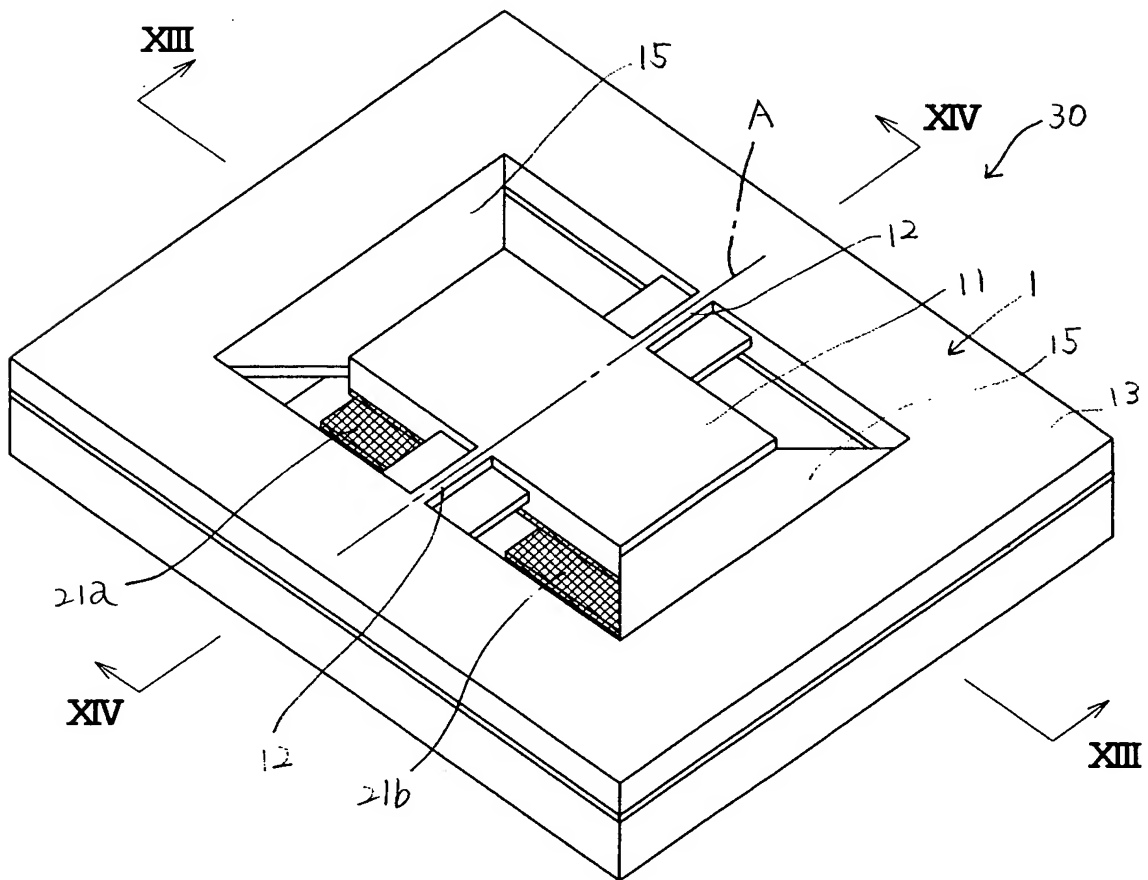
【図 10】



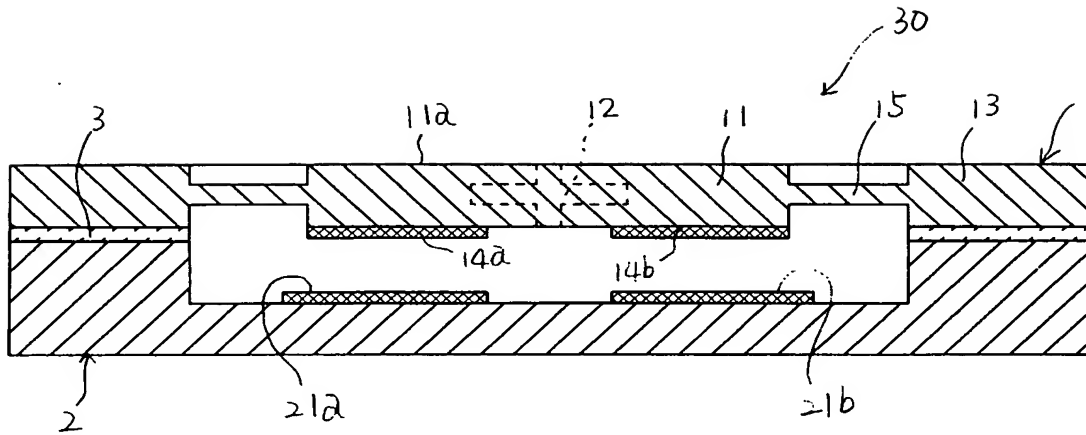
【図 11】



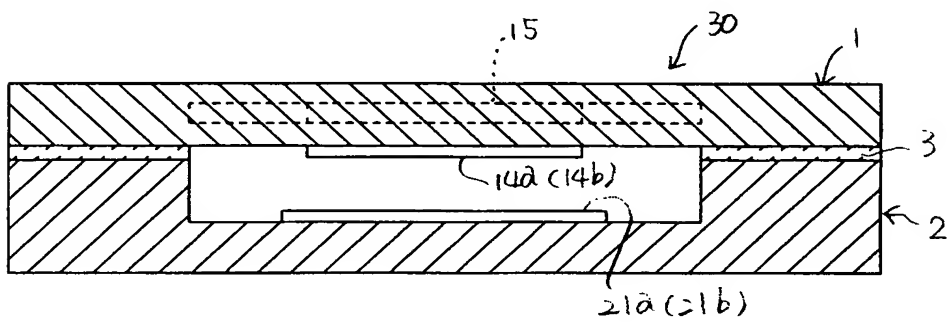
【図 12】



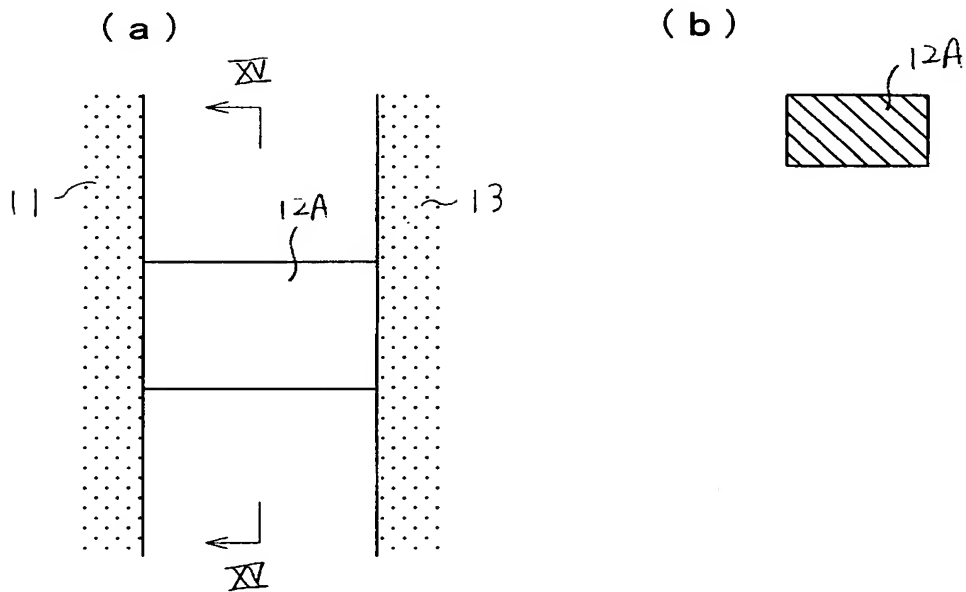
【図 13】



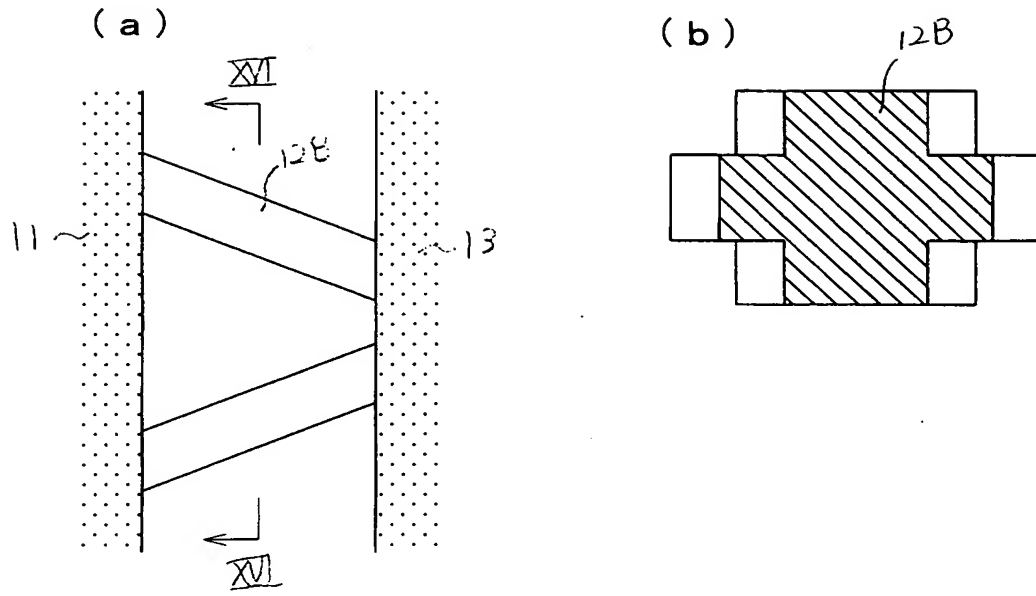
【図 14】



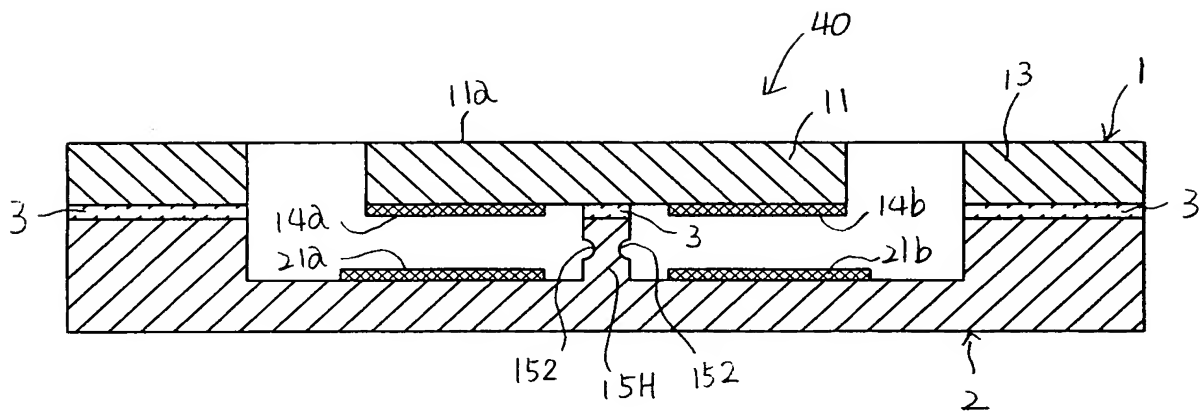
【図 15】



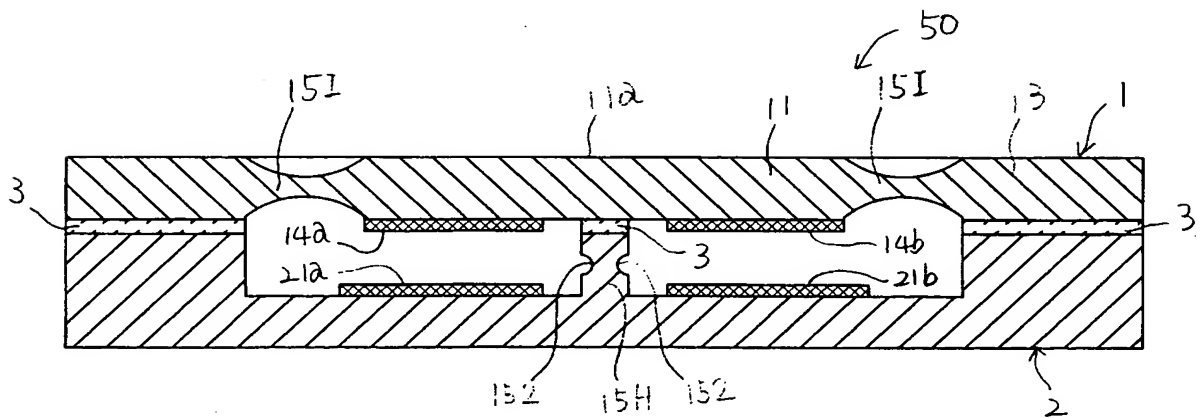
【図 16】



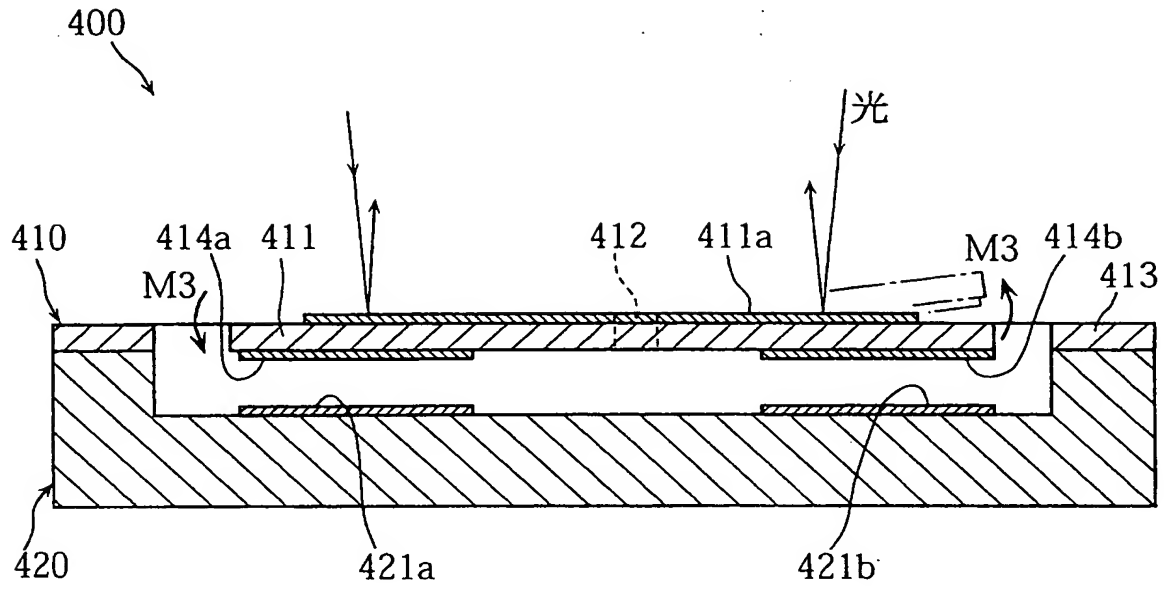
【図 17】



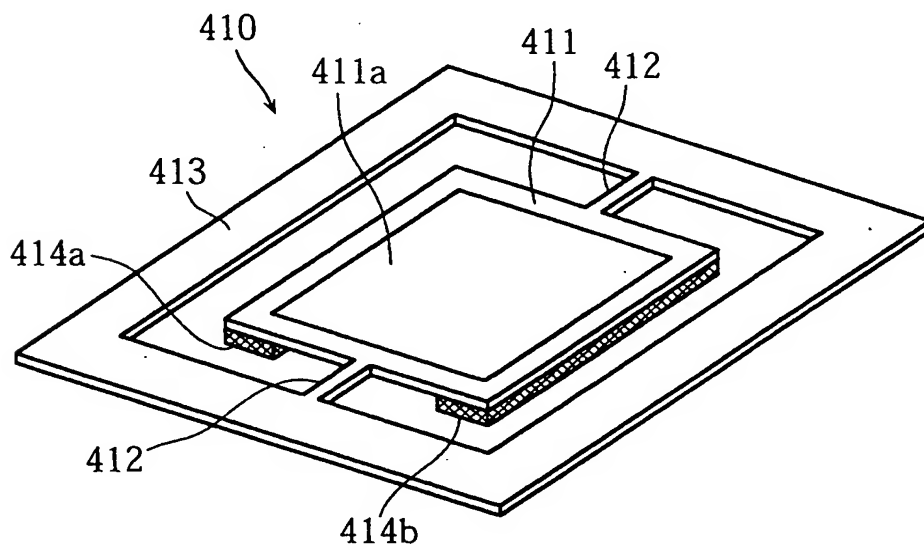
【図 18】



【図 19】



【図 20】





## 【書類名】 要約書

## 【要約】

マイクロ揺動素子は、フレーム（１３）と、このフレーム（１３）に対して連結部（１２，１５）を介して連結された揺動部（１１）と、を備えている。前記連結部（１２，１５）は、捩れ変形可能なトーションバー（１２）及び／又は撓み変形可能なバネ（１５）を含んでいる。前記トーションバー（１２）は、前記揺動部（１１）の揺動軸心を構成し、その断面形状が十字状である。バネ（１５）は、薄膜状であり、前記揺動部（１１）の揺動軸心から離れた位置にて当該揺動部（１１）を前記フレーム（１３）に連結するとともに、前記揺動部（１１）の揺動方向と一致する方向に撓み変形して、引張り抵抗を前記揺動部（１１）に作用させる。

【選択図】 図 1 2

特願 2 0 0 3 - 2 9 2 5 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名 富士通株式会社

特願 2 0 0 3 - 2 9 2 5 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 9 8 0 6 7 2 7 0 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 5 月 3 0 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目 3 番地 1 2

氏 名

富士通メディアデバイス株式会社